

온도를 13°C 올린 설정표 하나가 불량률을 두 배로 만들었다

기간 2026.08.10 - 08.25 대상 REFLOW-C-01 분석 HEARTCOUNT Semantic Layer

8월 24일 불량률 급등의 원인은 설비 고장이 아니라 승인받지 않은 Recipe였습니다.

조치 대상은 42장입니다. 이 중 정상 판정으로 후공정에 넘어간 36장이 재검사 검토 대상입니다.

BGA 접합 불량률

0.317%

기간 달성 · 목표 0.35% 이하
8/24 0.550%로 초과

FPY 직행률

99.683%

기간 달성 · 목표 99.5% 이상
8/24 99.440%로 미달

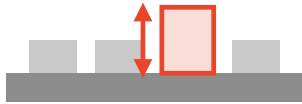
조치 대상

42장

재검사 검토 36장
작업지시 3건 · Lot 3건

01 먼저, 이 공정이 무엇인지

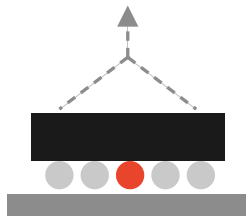
기판은 네 단계를 거칩니다. 이번 사안은 마지막 Reflow에서 일어났습니다.



SPI

SOLDER PASTE INSPECTION

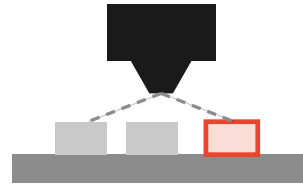
납의 인쇄 상태를 측정



X-RAY

X-RAY INSPECTION

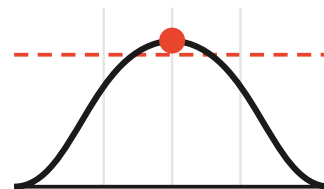
가려진 접점을 투과 검사



AOI

AUTOMATED OPTICAL INSPECTION

부품 실장 상태를 검사



Reflow

REFLOW SOLDERING

구간별 온도를 기록

칩 바닥에는 수백 개의 **솔더볼**이 붙어 있습니다. 리플로우는 기판을 뜨거운 오븐에 통과시켜 이 납 구슬을 녹였다가 굳혀 칩을 기판에 접합하는 공정입니다. 접합부가 칩 아래 가려져 육안으로 볼 수 없기 때문에 **X-RAY로 투과 검사**합니다. 뒤에 나올 재검사 논의는 이 점에서 출발합니다.

02 8월 24일, 두 지표가 동시에 무너졌다

평소 두 KPI 모두 목표 안쪽에서 안정적이었습니다. 하루만 예외입니다.

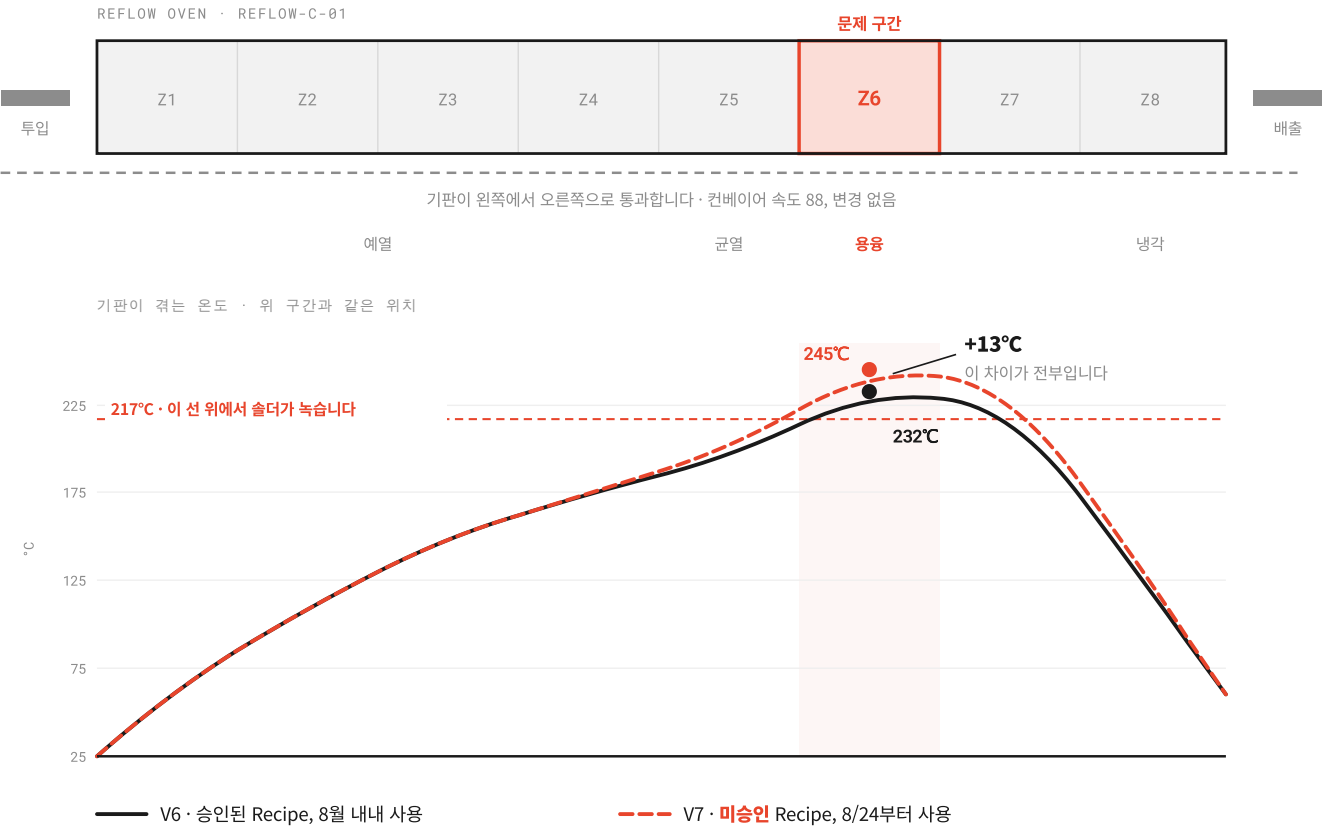
날짜	BGA 불량률 목표 0.35% 이하	FPY 직행률 목표 99.5% 이상
8/21	0.311%	99.700%
8/22	0.301%	99.695%
8/23	0.311%	99.700%
8/24	0.550%	99.440%
8/25	0.412%	99.588%

8/24 불량률 0.550%는 앞선 14일 평균(0.314%)의 1.8배입니다. 같은 날 FPY는 99.440%로 이번 기간 중 유일하게 목표를 밑돌았습니다. 8/25에 일부 회복했지만 여전히 목표 위입니다.

기간 전체로 보면 불량률 0.317%, FPY 99.683%로 두 지표 모두 목표를 달성했습니다. 문제는 평균이 아니라 **이틀에 몰린 이상**입니다.

03 원인은 오븐 온도를 13°C 올린 설정표

오븐은 여러 구간(Zone)으로 나뉘고 구간마다 온도를 다르게 설정합니다. 이 설정표를 Recipe라고 부릅니다. 우리 제품의 대표 칩은 열적으로 Zone 6의 영향을 받습니다.



온도 곡선은 설정값과 실측 평균을 반영한 개념도입니다. 구간별 형상은 실제 프로파일과 다를 수 있습니다.

RECIPE	승인	ZONE 6 설정	ZONE 6 실측	불량률	처리량
V6	승인됨	232°C	231.97°C	0.28%	6,408장
V7	미승인	245°C	244.97°C	14.29%	42장

Recipe 번호(RCP-P102-R3)와 컨베이어 속도가 같습니다. V7은 V6에서 Zone 6 온도 하나만 올린 파생 버전입니다. 설정 232°C에 실측 232°C, 설정 245°C에 실측 245°C로 두 버전 모두 설정값을 정확히 따라갔습니다. 오븐은 정상이고 설정표가 잘못됐습니다.

04 설비 고장이 아니라는 근거

8월 24일 하루를 시간대별로 쪼개면, 같은 오븐에서 두 온도가 동시에 나옵니다.

시간	RECIPE	ZONE 6 실측	처리 장수
07시	V6	232.0℃	74
07시	V7	245.1℃	6
15시	V6	231.9℃	74
15시	V7	245.3℃	6

오븐이 과열됐다면 그 시간에 지나간 모든 기판이 함께 뜨거워야 합니다. 그런데 같은 시각 같은 설비에서 V6는 232℃, V7은 245℃로 갑니다. 온도를 결정한 것은 설비 상태가 아니라 어떤 Recipe로 돌렸는가입니다.

V7의 온도 산포는 약 1℃ 범위로 안정적입니다. 설비가 이탈하는 중이라면 온도가 흔들리거나 계속 올라가야 하는데, V7은 245℃라는 목표값에 정확히 제어되고 있습니다.

05 불량률이 늘어난 게 아니라, 불량률의 종류가 바뀌었다

가장 결정적인 증거입니다. 같은 실장 위치(U17)에서 Recipe별로 어떤 결함이 나왔는지 보면, V7만 완전히 다른 칸에 찍힙니다.

Recipe	BRIDGE	VOID	OPEN	HEAD IN PILLOW	COLD JOINT	
V3						검사 5,988장
V6						검사 6,396장
V7						검사 42장

 발생  V7에서만 발생  발생 없음

실장 위치 U17 · 2026.08.10 - 08.25 · 결함 코드별 불량 PCB 수 기준

V7에서는 **BRIDGE · VOID · OPEN**이 한 장도 나오지 않았습니다. 대신 다른 Recipe에서는 한 장도 없던 **HEAD IN PILLOW**와 **COLD JOINT**만 나왔습니다. V3와 V6는 정확히 그 반대입니다.

이건 "불량이 늘었다"가 아니라 **고장 나는 방식 자체가 달라졌다**는 뜻입니다. HEAD IN PILLOW는 솔더볼과 페이스트가 녹아도 서로 융합하지 못하고 맞닿은 채 굳는 결함으로, 기판이나 패키지의 **휨(warpage)**이 주원인입니다. 245°C라는 과잉 열량은 휨을 키웁니다.

V7로 처리된 42장 중 6장(14.3%)이 이 계열 결함으로 걸렸습니다. 우연으로 보기 어려운 수준입니다.

06 조치 대상은 42장

V7으로 처리된 기판 전량입니다. 작업지시 3건, 생산 Lot 3건에 걸쳐 있습니다.

42

V7 통과 기판
총 노출 물량

36

재검사 검토 대상
정상 판정으로 통과

6

불량 확정
폐기 2 · 재작업 4

0

미검사 잔량
라인 보류 불필요

36장이 핵심입니다. 이 물량은 X-RAY 최초 검사를 통과해 정상품으로 판정됐고, 작업지시 3건이 모두 완료 상태입니다. 라인에 잡아둘 재공이 없으니 이 건은 라인 정지가 아니라 **사후 추적 회수 판단**의 문제입니다.

그대로 두기 어려운 이유는 05에서 확인한 결함 모드에 있습니다. **HEAD IN PILLOW는 X-RAY로 가장 놓치기 쉬운 결함입니다.** 형상만 보면 맞닿아 있어 접합된 것처럼 보이지만, 실제로는 금속학적으로 결합되지 않은 상태입니다. 통상적인 X-RAY 재판정만으로는 충분하지 않을 수 있어 단면 분석이나 기계적 평가 병행을 검토하실 필요가 있습니다.

07 별개로, Zone 6 위치는 원래 약하다

V7과 무관한 발견입니다. 실장 위치별 불량률을 보면 열영향 Zone 번호와 뚜렷하게 연동됩니다.

위치	ZONE		불량률
U17	Z 6		0.241%
U4	Z 6		0.211%
U5	Z 5		0.200%
U7	Z 5		0.200%
U19	Z 4		0.105%
U11	Z 3		0.100%
U14	Z 3		0.100%
U9	Z 4		0.096%

Zone 3~4는 약 0.10%, Zone 5는 0.20%, Zone 6은 0.21~0.24%입니다. **Zone 4와 5 사이에서 두 배로 뛩니다.**

가장 눈에 띄는 건 **U17과 U9**입니다. 검사 물량이 12,450장으로 같습니다. 즉 **같은 기판 위의 두 위치**입니다. 같은 오븐, 같은 조건을 통과했는데 Zone 6 의존인 U17이 Zone 4 의존인 U9의 **2.5배** 불량률을 냅니다. SPI 도포량 편차는 전 위치가 3.9% 수준으로 평평해서 인쇄 공정으로는 설명되지 않습니다.

승인된 Recipe로 정상 운영하는 중에도 이 격차가 존재합니다. V7 건을 정리한 뒤 **Zone 6 프로파일 최적화**를 별도 과제로 세울 만합니다.

08 제안하는 조치 순서

우선순위대로 정리했습니다.

01 V7 사용 즉시 중단

REFLOW-C-01을 V6로 되돌리고, 승인 없이 라인에 반영된 경위를 확인합니다.

02 정상 판정 36장의 위치 파악 및 재검사

후공정 재고인지 이미 출하됐는지에 따라 회수 범위가 달라집니다. HEAD IN PILLOW 특성상 X-RAY 재판정만으로는 부족할 수 있습니다.

03 미승인 Recipe 투입 차단 롤 신설

시스템에는 이 Recipe가 승인 여부 = false로 정확히 기록돼 있었습니다. 그런데도 이틀에 걸쳐 실행되는 동안 어떤 게이트에도 걸리지 않았습니다. 데이터는 알고 있었지만 아무도 보지 않았습니다.

04 Zone 6 프로파일 최적화 과제 착수

07의 구조적 격차에 대한 대응입니다. 이번 사안과 분리해 중기 과제로 다루시길 권합니다.

09 이 분석으로 알 수 없는 것

보고 자리에서 질문이 나올 수 있어 미리 밝혀 둡니다.

-
- **V7 모수가 작습니다.** 총 42장이라 14.29%는 42장 중 6장을 뜻합니다. 불량률 수치 자체의 오차 범위는 넓습니다. 다만 **V7에서만 두 개의 특정 결함 모드가 나타나고 다른 Recipe에서는 한 장도 없다**는 분리는 표본 크기와 무관하게 성립합니다.
 - **Zone 6 외 구간은 알 수 없습니다.** 데이터에 담긴 Recipe 파라미터는 Zone 6 설정온도와 컨베이어 속도 둘뿐입니다. 전체 프로파일을 손댔는지는 MES Recipe 마스터에서 V6·V7을 나란히 비교해야 확인됩니다.
 - **누가·언제·왜 만들었는지 없습니다.** 작성자, 생성 시각, 변경 사유, 승인 요청 이력이 데이터에 남아 있지 않습니다.
 - **출하 추적 정보가 없습니다.** 정상 판정 36장이 지금 어디에 있는지는 MES·WMS에서 별도 확인이 필요합니다.
 - **FPY는 현재 BGA 불량률과 같은 정보만 담고 있습니다.** 최초 합격 판정이 BGA X-RAY 결과만으로 산출되고 있어, 부품 미삽이나 솔더 브리지 등 BGA 외 결함이 반영되지 않습니다. 지표 정의 보완이 필요합니다.

작성 2026-08-28 · 출처 HEARTCOUNT Semantic Layer (manufacturing_kpi)